

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-017964

(43)Date of publication of application : 17.01.2003

51)Int.Cl.

H03H 3/02
H01L 41/18
H01L 41/22
H03H 9/17

21)Application number : 2001-202903

(71)Applicant : HITACHI LTD

22)Date of filing : 04.07.2001

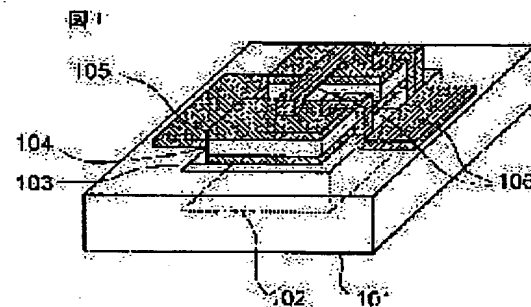
(72)Inventor : KACHI TAKESHI

54) MANUFACTURING METHOD FOR ACOUSTIC WAVE ELEMENT

57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a manufacturing method for an acoustic wave element in which an internal stress of a thin film is reduced without a side effect of increasing a loss of BAW (bulk acoustic wave).

SOLUTION: A piezoelectric thin film 104 is splitted into a plurality of regions to relax the internal stress. An air bridge 106 can easily be formed by using a thin film sacrifice layer 601 as a method of easily realizing the split structure. Further, the length of the air bridge 106 is decreased resulting in decreasing parasitic resistance and parasitic inductance.



LEGAL STATUS

Date of request for examination]

Date of sending the examiner's decision of rejection]

Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

Date of final disposal for application]

Patent number]

Date of registration]

Number of appeal against examiner's decision of rejection]

Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-17964

(P2003-17964A)

(43) 公開日 平成15年1月17日 (2003.1.17)

| (51) Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テームト* (参考) |
|---------------------------|------|---------------|-------------|
| H 0 3 H 3/02 | | H 0 3 H 3/02 | B 5 J 1 0 8 |
| H 0 1 L 41/18 | | 9/17 | F |
| 41/22 | | H 0 1 L 41/22 | Z |
| H 0 3 H 9/17 | | 41/18 | 1 0 1 Z |

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2001-202903 (P2001-202903)

(22) 出願日 平成13年7月4日 (2001.7.4)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 可知 剛

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

Fターム(参考) 5J108 BB07 BB08 CC04 EE03 FF05

KK01 MM11

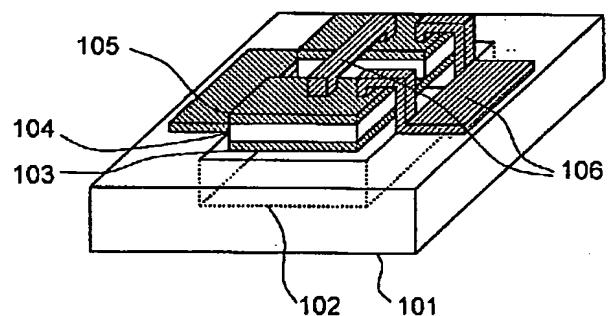
(54) 【発明の名称】 弾性波素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 薄膜で構成される圧電体素子が、薄膜が持つ内部応力によって変形し、圧電体の圧電特性の劣化、振動子の破損、望ましくない副共振（スプリアス共振）の発生などの問題を生じる。

【解決手段】 圧電体薄膜104を複数の領域に分割することにより内部応力を緩和する。分割した構造を簡便に実現する方法として、薄膜の犠牲層601を用いることにより、エアブリッジ106を簡便に形成できる。また、エアブリッジ106を短くすることができ、寄生抵抗や寄生インダクタンスを減らすことができる。

図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】少なくとも1つの平面を持つ基板上に形成された、少なくとも1つの平面を持つ第1の犠牲層の上記平面上に、導電体からなる下部電極を堆積する工程と、下部電極上に圧電体を堆積する工程と、圧電体上に導電体からなる上部電極を堆積する工程を含み、かつ所定の形状に加工された上部電極、圧電体および下部電極上に第1の犠牲層と同一材料、もしくは、同一のエッチング方法で除去可能な第2の犠牲層を堆積する工程と、第2の犠牲層に開口部を設ける工程と、開口部を設けた第2の犠牲層上に導電体による配線層を堆積する工程と、配線層を所定の形状に加工する工程と、配線層を所定の形状に加工した後、第1および第2の犠牲層を、所定のエッチング方法によって除去する工程を含むことを特徴とする弾性波素子の製造方法。

【請求項2】少なくとも1つの平面を持つ基板上に形成された、少なくとも1つの平面を持つ第1の犠牲層の、上記平面上に、導電体からなる下部電極を堆積する工程と、下部電極上に圧電体を堆積する工程と、圧電体上に導電体からなる上部電極を堆積する工程を含み、かつ所定の形状に加工された圧電体および下部電極上に、第1の犠牲層と同一材料、もしくは、同一のエッチング方法で除去可能な第2の犠牲層を堆積する工程と、第2の犠牲層に開口部を設ける工程と、開口部を設けた第2の犠牲層上に導電体による配線層を堆積する工程と、配線層を所定の形状に加工する工程と、配線層を所定の形状に加工した後、第1および第2の犠牲層を、所定のエッチング方法によって除去する工程を含むことを特徴とする製造方法。

【請求項3】前記第1および第2の犠牲層がともに二酸化ケイ素を含むことを特徴とする請求項1および請求項2記載の弾性波素子の製造方法。

【請求項4】前記第1および第2の犠牲層がテトラエトキシシリコンを含む原料を用いた化学気相成長法によって形成されることを特徴とする請求項3記載の弾性波素子の製造方法。

【請求項5】上記圧電体が窒化アルミニウムもしくは酸化亜鉛を含むことを特徴とする請求項1および請求項2記載の弾性波素子の製造方法。

【請求項6】上記第1および上部電極が、モリブデン、チタン、タングステン、タンタル、アルミニウム、白金およびシリコンのいずれか1つ以上を含むことを特徴とする請求項1および請求項2記載の弾性波素子の製造方法。

【請求項7】下部電極、圧電体および上部電極の堆積が、下部電極、圧電体、上部電極の順で行われ、かつ途中に電極および圧電体の加工工程を含まないことを特徴とする請求項1記載の弾性波素子の製造方法。

【請求項8】下部電極および圧電体の堆積が、下部電極、圧電体の順で行われ、かつ途中に電極および圧電体

の加工工程を含まないことを特徴とする請求項2記載の弾性波素子の製造方法。

【請求項9】上部電極および圧電体を複数の領域に分割する工程を含み、かつ配線層が複数の上部電極を接続するよう形成されることを特徴とする請求項1記載の弾性波素子の製造方法。

【請求項10】圧電体を複数の領域に分割する工程を含み、かつ配線層が複数の圧電体を接続することを特徴とする請求項2記載の弾性波素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、圧電材料を機能体に用いた弾性波素子に関する。さらに詳細には、圧電体薄膜を用い、バルク弾性波を利用した共振器、フィルタ等に好適な弾性波素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、携帯電話やPHSなどの移動体通信の普及に伴い、数100MHzから数GHzの高周波で利用するフィルタや共振器の需要が増大している。特に、小型・軽量化が可能であるため、圧電体を用いた種々のタイプの弾性波素子が研究開発されてきた。

【0003】弾性波素子のうち、圧電体の内部を伝播する弾性波（バルク弾性波、BAW）を利用するものはBAWデバイスと呼ばれる。BAWデバイスの基本的な構成は、例えば、1999、アイトリプルイー、ウルトラソニックシンポジウム、プロシーディング第895頁から906頁（1999 IEEE Ultrasonics Symposium Proceedings pp.895-906）に述べられているように、圧電体の薄膜を金属電極で挟み込み、金属電極に高周波信号を入力して、圧電体内にBAWを励振するものである。すなわち、BAWデバイスとは電気的な信号を機械的な振動に変換する装置である。圧電体内のBAWは圧電体の厚さに応じた所定の周波数において共振を生じ、最も強く励振される。この性質を用いることにより、BAWデバイスを高周波信号から特定の周波数のみを取り出すフィルタや、高周波共振器として利用することがなされてきた。

【0004】圧電体には、窒化アルミニウム（AlN）や酸化亜鉛（ZnO）、チタン酸ストロンチウム（SrTiO₃）、チタン酸鉛（PbTiO₃）、チタン酸ジルコン酸鉛（PbZr_xTi_{1-x}O₃）などが用いられる。特に、AlNを用いたBAWデバイスは、2001アイトリプルイー、アイ・エス・エス・シー・シー、ダイジェスト・オブ・テクニカルペーパーズ、第120頁および121頁（2001 IEEE ISSCC Digest of Technical Papers pp.120-121）に述べられているように、小型でかつ優れた性能を持つ。

【0005】これらの圧電体で数100MHzから数GHzで利用できるBAWデバイスを製造するためには、圧電体薄膜を1～2μm以下の厚さにする必要がある。

そのため、スパッタリング法や化学気相成長(CVD)法などの薄膜作成法が用いられるのが一般的である。

【0006】また、BAWデバイスをフィルタとして利用するような場合、挿入損失をなるべく減らすために、BAWを圧電体内に効率よく閉じ込める必要がある。そのために、圧電体と電極からなるBAW振動子を、他の物体と接触しないように空中に保持する方法が考案されている。BAW振動子を空中に保持する方法に関する従来技術として、例えばWO99/37023号、WO98/52235号、特開2000-286669号、同244030号、同244029号、同209063号、特開平11-284480、米国特許第5587620号、同5873153号、同6060818号、同5714917号などがある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】薄膜で構成されるBAW振動子を空中で保持する際の問題として、薄膜が持つ内部応力による振動子の変形がある。一般に、スパッタリング法や化学気相成長法で堆積された薄膜は大きな内部応力をもつ。BAWデバイスは性能向上のために振動子が空中に保持された構造にするのが望ましいが、このような構造は内部応力によって振動子の変形しやすいという欠点がある。振動子の変形は、圧電体の圧電特性の劣化、振動子の破損、望ましくない副共振(スプリアス共振)の発生などの問題を生じる。これらの問題に関しては、例えばアブライドフィジックスレター、74巻、20号、第3032頁-3034頁(1999)(Applied Physics Letter Vol.74, No.20 pp.3032-3034(1999))などに述べられている。

【0008】これらの問題を解決するためには、薄膜の内部応力を減少させる必要がある。WO98/52235号に述べられた方法はその従来例の1つである。この例では、誘電体膜と逆向きの内部応力を持つ薄膜を下地にすることにより、誘電体薄膜の内部応力を緩和している。しかし、本従来例のように、振動子に薄膜を付加する方法にはBAWの損失が増大するという副作用がある。

【0009】本発明の目的は、上記問題を解決し、BAWの損失が増大するといった副作用を伴わずに、薄膜の内部応力を減少させた弾性波素子の製造方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明においてはBAWデバイス共振子を複数の領域に分割し、分割した各領域をエアブリッジで接続する。さらに、エアブリッジを作成する工程に、薄膜の犠牲層を用い、BAW振動子を空中に保持する構造と、エアブリッジを同一工程で作成することにより、上記目的を簡便に実現する。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明の第1の実施例を、図1～図5を用いて説明する。図1は、本発明の第1の実施例である製造方法を用いて製造した弾性波素子の模式図である。基板101上に空隙102が設けられ、下部電極103、圧電体薄膜104、上部電極105からなる振動子が上記空隙102上に位置するように形成されている。下部電極103の一部が空隙102の外まで延長され基板101と接合されている。振動子を構成する圧電体薄膜104は、2つの領域に分割され、各々の領域はエアブリッジ106によって接続されている。振動子を構成する圧電体薄膜104を分割し、各々の領域の上部電極105間の接続をエアブリッジ106で行うことにより、薄膜の内部応力によって振動子の変形することを防いでいる。

【0012】図2から図4は本実施例の製造方法の、各工程における弾性波素子の断面を示した模式図である。以下本図を用いて、本実施例を詳細に説明する。

【0013】まず、シリコンウェハからなる基板101に、ドライエッチング法を用いて所定の大きさの穴を設ける。この穴は最終的に共振子の下の空隙102となる部分である。次に、SiO₂薄膜を形成した基板101上に、CVD法によってSi₃N₄薄膜201を形成する。Si₃N₄薄膜201は、後に説明するように犠牲層を加工する工程において不必要な部分が加工されないよう保護する役割をもつ。なお、図1では図面を簡略化するためSi₃N₄薄膜201は図示していない。次に、Si₃N₄薄膜201上にCVD法によってSiO₂からなる犠牲層202を堆積した後、Si₃N₄薄膜201が露出するまで研磨加工を行う(図2a)。

【0014】ここで、上記犠牲層202は、弾性波素子の他の部位と高い選択比を持つウェットエッチングや等方性ドライエッチングによって除去可能な材料であれば何を用いてもよい。SiO₂はフッ化水素酸(HF)を含む溶液で容易にエッチング可能であり、また、半導体の製造によく使われる材料であるため、安価で均質な薄膜を形成する技術が確立しており、犠牲層202の材料に最も適している。

【0015】研磨によって平坦化した表面に、モリブデン(Mo)からなる下部電極103、AlNからなる圧電体薄膜104、Moからなる上部電極105を形成する(図2b)。これらの各層は、順次スパッタリング法によって堆積し、ホトリソグラフィ法およびドライエッチング法によって所定の形状に加工する(図3a)。

【0016】上記各層の厚さは圧電体素子を使用する周波数によって決定する。下部電極103、上部電極105および圧電体104の加工形状および面積は、圧電体素子の動作周波数およびインピーダンスレベルによって決定する。また、下部電極103は振動子を空中に保持する支持体を兼ねるため、一部が犠牲層202の外に出るような形状とする。なお、電極の材質はここに述べ

たものの以外に、タングステン、チタン、タンタル、アルミニウム、白金、シリコンなど、あるいはそれらの二種類以上を積層したものなどでもよい。

【0017】下部電極103を加工(図3b)した後、CVD法によって SiO_2 からなる犠牲層601を堆積する(図3c)。上記犠牲層601は、図1に示したエアブリッジ構造106を下部電極103から分離するためのものである。犠牲層601は弾性波素子の他の部位と高い選択比を持つウェットエッチングや等方性ドライエッチングによって除去可能な材料であれば何を用いてもよい。しかし、犠牲層202の場合と同様の理由から、 SiO_2 で形成することが望ましい。

【0018】犠牲層601にコンタクトホールを開口(図3d)した後、Moを堆積し(図4a)、上記Mo膜を所定の形状に加工してエアブリッジ106を形成する(図4b)。エアブリッジ106の材質は、電極の場合と同じくMo以外のものを用いてもよい。

【0019】その後、HF水溶液もしくはHF水溶液とフッ化アンモニウム(NH_4F)水溶液の混合液(混酸BOE)を用いて犠牲層202および601を一括して除去する(図4c)。

【0020】図5は、本実施例で用いたホトマスクのレイアウトを示した平面図である。本実施例では、空隙102を規定するマスク111、下部電極103を規定するマスク112、圧電体薄膜104および上部電極105の形状を規定するマスク113、犠牲層601の開口部を規定するマスク114、エアブリッジ106の形状を規定するマスク115の、最低5種類のホテルマスクを使用する。図5では5種類すべてのホテルマスクのレイアウトを重ねて示してある。

【0021】本実施例のように、弾性波素子の振動子を2つの領域に分割し、各領域の面積を小さくすることによって、圧電体薄膜の内部応力による振動子の変形を抑えることができる。各領域を接続するエアブリッジ106のような配線は、弾性波素子の寄生抵抗や寄生インダクタンスとなるため、できるだけ短くするのが望ましい。本実施例は SiO_2 薄膜をエアブリッジ106形成のための犠牲層601とすることにより、エアブリッジ106の長さを短くすることができる点が優れている。

【0022】本発明の第2の実施例を、図6～図10を用いて説明する。図6は、本実施例の製造方法を用いて製造した弾性波素子の模式図である。振動子を構成する圧電体薄膜104が、2つの領域に分割されている点は前記第1の実施例で製造した弾性波素子と同様である。本実施例の特徴はエアブリッジを上部電極105と一体形成した点にある。

【0023】図7から図9は本実施例の製造方法の、各工程における弾性波素子の断面を示した模式図である。以下本図を用いて本実施例を詳細に説明する。

【0024】まず、シリコンウェハからなる基板101

に、ドライエッチング法を用いて所定の大きさの穴を設け、 Si_3N_4 薄膜201と SiO_2 からなる犠牲層202を堆積した後、 Si_3N_4 薄膜201が露出するまで研磨加工を行ない(図7a)、Moからなる下部電極103、AlNからなる圧電体薄膜104を形成するところまでは第1の実施例と同様である(図7b)。

【0025】本実施例が第1の実施例と異なる点は、圧電体薄膜104および下部電極103を所定の形状に加工した後(図8a～b)、上部電極105を堆積する前に第2の犠牲層601を堆積する点である(図8c)。

【0026】第2の犠牲層601を所定の形状に加工した後(図8d)、上部電極105を堆積し(図9a)、上部電極105を所定の形状に加工した後(図9b)、犠牲層601および202をHF水溶液もしくは混酸BOEを用いて除去する(図9c)。

【0027】図10は、本実施例で用いたホトマスクのレイアウトを示した平面図である。本実施例では、空隙102を規定するマスク111、下部電極103を規定するマスク112、圧電体薄膜104の形状を規定するマスク113、犠牲層601の開口部を規定するマスク114、上部電極およびエアブリッジの形状を規定するマスク115の最低5種類のホテルマスクを使用する。図10では5種類すべてのホテルマスクのレイアウトを重ねて示してある。

【0028】本実施例も、第1の実施例と同様、弾性波素子の振動子を2つの領域に分割することによって圧電体薄膜の内部応力による振動子の変形を抑える効果がある。さらに、本実施例はエアブリッジを上部電極105の一部として一体形成することにより、上部電極を加工する工程を省略し、工程を簡略化した点が優れている。

【0029】本発明の第3の実施例を、図11～図16を用いて説明する。図11は、本発明第3の実施例である製造方法を用いて製造した弾性波素子の模式図である。振動子を構成する圧電体薄膜104が、2つの領域に分割されている点は前記第1の実施例で製造した弾性波素子と同様である。本実施例の特徴は、エアブリッジを支持部107とエアブリッジ部108の2つの部位で形成した点である。

【0030】図12から図15は本実施例の製造方法の、各工程における弾性波素子の断面を示した模式図である。以下本図を用いて、本実施例を詳細に説明する。

【0031】まず、シリコンウェハからなる基板101に、ドライエッチング法を用いて所定の大きさの穴を設け、 Si_3N_4 薄膜201と SiO_2 からなる犠牲層202を堆積した後、 Si_3N_4 薄膜201が露出するまで研磨加工を行ない(図12a)、Moからなる下部電極103、AlNからなる圧電体薄膜104、Moからなる上部電極105を所定の形状に加工形成するところまでは第1の実施例と同様である(図12b～図13c)。

【0032】本実施例が第1の実施例と異なる点は、第2の犠牲層601を堆積した後、犠牲層601の表面を平坦化する点である(図13d)。表面の平坦化は、犠牲層601を厚く堆積した後、表面を研磨することによって行う。

【0033】平坦化した犠牲層601に開口部を設け、全面にMoを堆積した後、表面を研磨することによって開口部にモリブデンを埋め込み(図14a)、エアブリッジの支持部107を形成する。

【0034】支持部107を埋め込んだ後、さらにモリブデンを堆積し(図14b)、所定の形状に加工し(図14c)、犠牲層601および202をHF水溶液もしくは混酸BOEを用いて除去することによってエアブリッジ108を形成する(図15)。

【0035】図16は、本実施例で用いたホトマスクのレイアウトを示した平面図である。本実施例では、空隙102を規定するマスク111、下部電極103を規定するマスク112、圧電体薄膜104および上部電極の形状を規定するマスク113、犠牲層601の開口部を規定するマスク114、エアブリッジの形状を規定するマスク115の最低5種類のホトマスクを使用する。図16では5種類すべてのホトマスクのレイアウトを重ねて示してある。

【0036】本実施例も、第1の実施例と同様に弾性波素子の振動子を2つの領域に分割することによって、圧電体薄膜の内部応力による振動子の変形を抑える効果がある。さらに、本実施例は平坦化した犠牲層601上でエアブリッジ108の加工を行うため、エアブリッジ108のドライエッチングによる加工が容易になるという点が優れている。

【0037】なお、上に述べた実施例では、振動子を2つの領域に分割しているが、振動子の大きさによっては三つ以上に分割する場合もある。

【0038】

【発明の効果】本発明によれば、圧電体薄膜を用いた弾性波素子を複数の振動子で構成することにより、薄膜の内部応力による変形を緩和し、圧電体の圧電特性の劣化、振動子の破損、望ましくない副共振(スプリアス共振)の発生などの問題を解決することができる。本発明を用いることにより、複数の振動子から構成される弾性波素子を簡便に作成することができる。さらに、各振動子の接続配線による寄生抵抗、寄生インダクタンスの影響も最低限にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例を用いて作成した弾性波素子の模式的斜視図。

【図2】本発明の第1の実施例の製造工程を示す断面図。

【図3】本発明の第1の実施例の製造工程を示す断面図。

【図4】本発明の第1の実施例の製造工程を示す断面図。

【図5】本発明の第1の実施例で用いるホトマスクのレイアウトを示す平面図。

【図6】本発明の第2実施例を用いて作成した弾性波素子の模式的斜視図。

【図7】本発明の第2の実施例の製造工程を示す断面図。

【図8】本発明の第2の実施例の製造工程を示す断面図。

【図9】本発明の第2の実施例の製造工程を示す断面図。

【図10】本発明の第2の実施例で用いるホトマスクのレイアウトを示す平面図。

【図11】本発明の第3実施例を用いて作成した弾性波素子の模式的斜視図。

【図12】本発明の第3の実施例の製造工程を示す断面図。

【図13】本発明の第3の実施例の製造工程を示す断面図。

【図14】本発明の第3の実施例の製造工程を示す断面図。

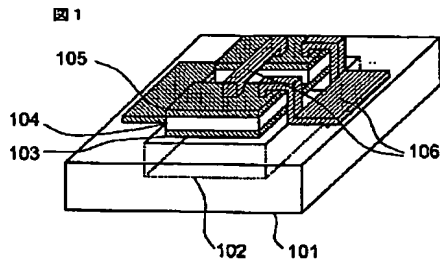
【図15】本発明の第3の実施例の製造工程を示す断面図。

【図16】本発明の第3の実施例で用いるホトマスクのレイアウトを示す平面図。

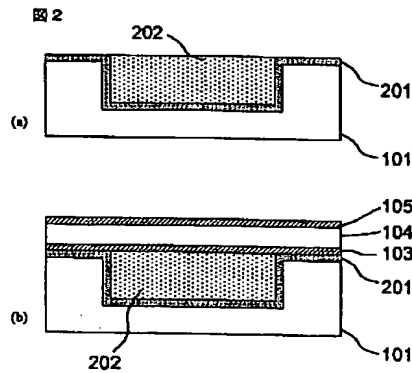
【符号の説明】

101…基板、102…空隙、103…下部電極、104…圧電体薄膜、105…上部電極、106…エアブリッジ、107…エアブリッジ支持部、108…エアブリッジ、111…空隙102を規定するマスク、112…下部電極103を規定するマスク、113…圧電体104を規定するマスク、114…犠牲層601の開口部を規定するマスク、115…エアブリッジ106および108を規定するマスク、201…チッ化シリコン薄膜、202…二酸化シリコンからなる犠牲層、601…二酸化シリコンからなる犠牲層。

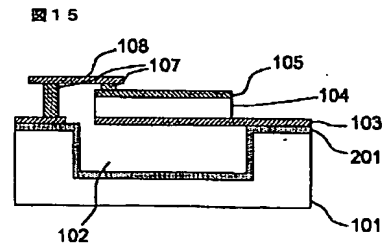
【図1】



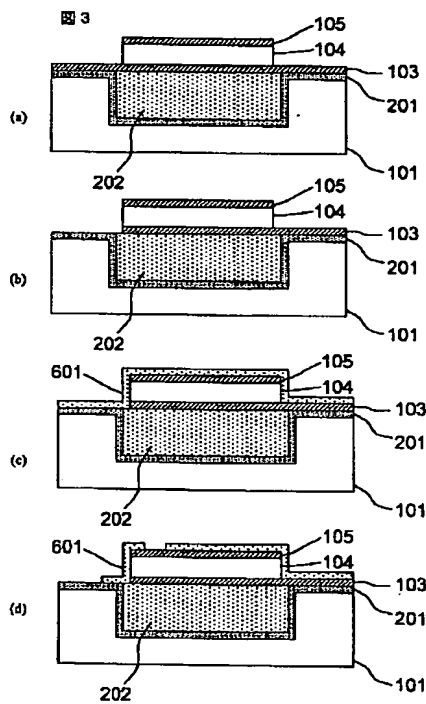
【図2】



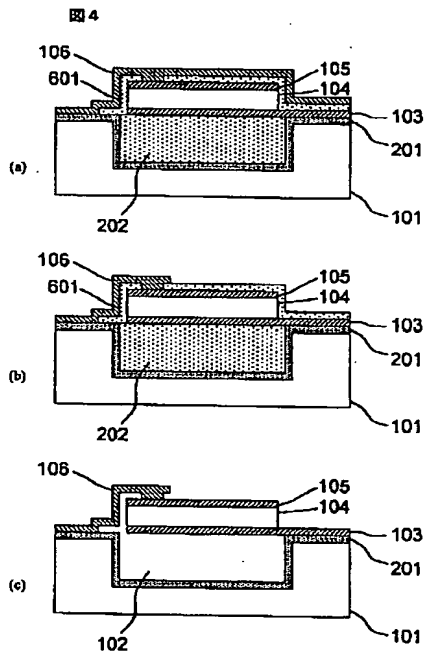
【図15】



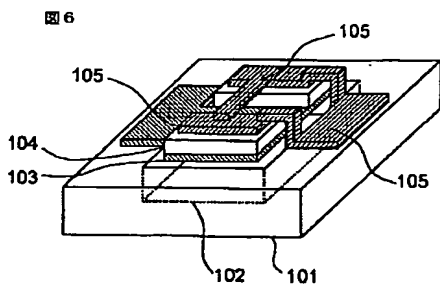
【図3】



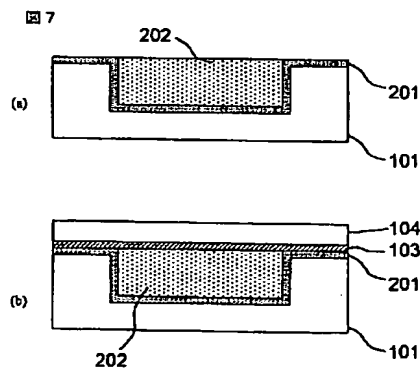
【図4】



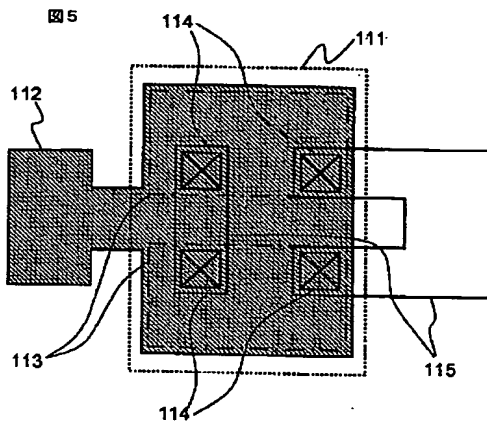
【図6】



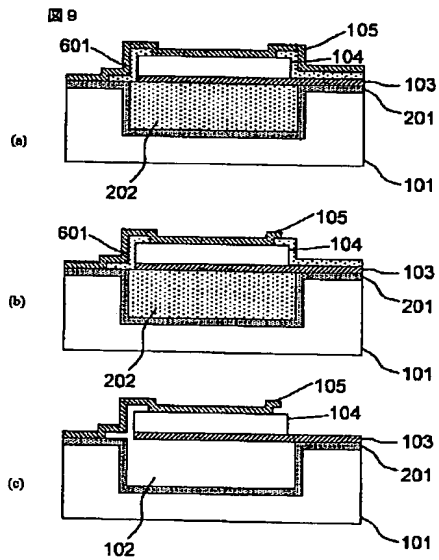
【図7】



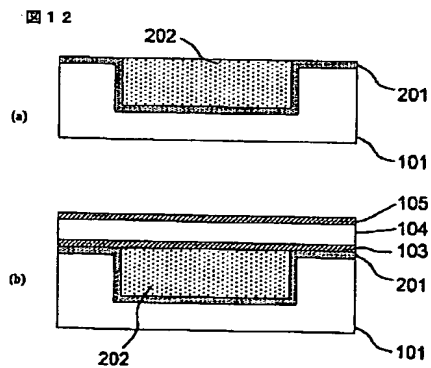
【図5】



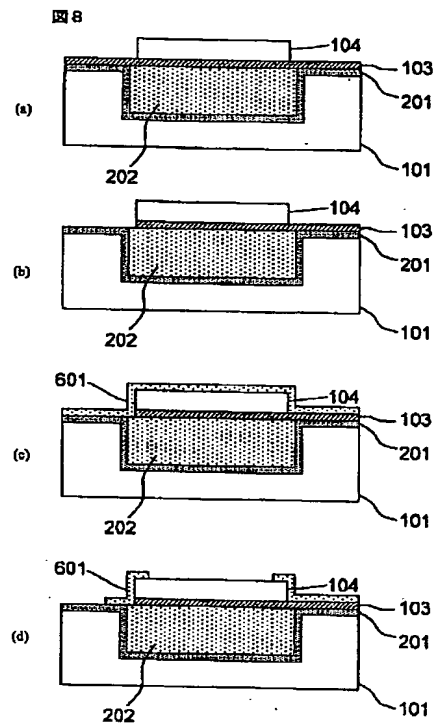
【図9】



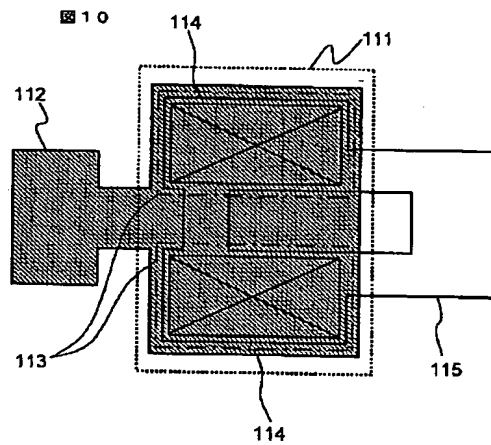
【図12】



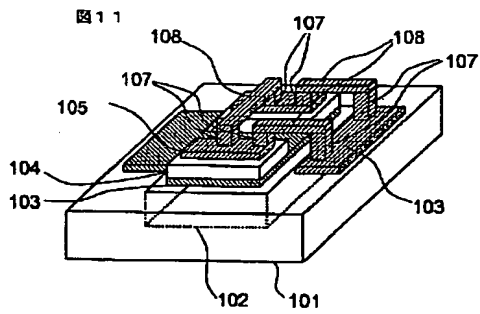
【図8】



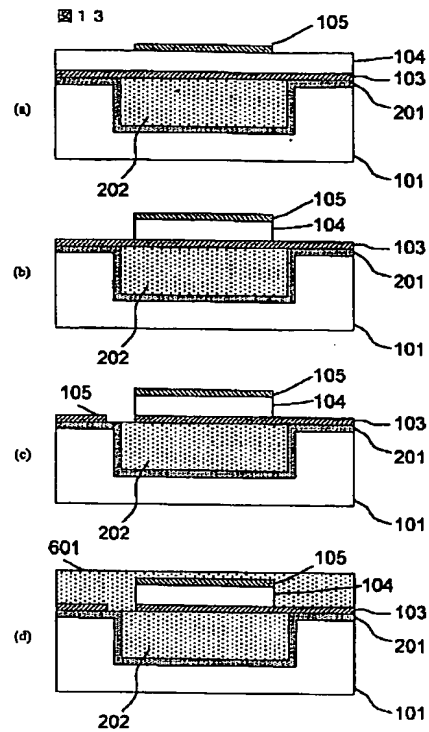
【図10】



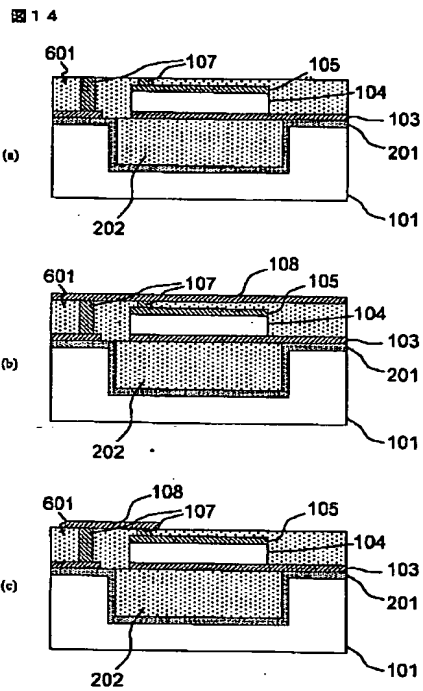
【図11】



【図13】



【図14】



【図16】

